

지속가능한 개발을 위한 메콩델타의 환경

Environmental Issues for Sustainable Development of Mekong Delta

고 익 환*, 이 승 호**
Ko, Ick-hwan, Lee, Sung-ho

I. 머리말

메콩델타는 메콩강 하류에 위치하고 있으며 연례적인 홍수로 인한 델타지역의 범람, 농경지 침수, 인명과 재산의 손실 및 인간의 계속된 개발 활동으로 인하여 여러 가지 수자원의 분배 및 환경적 문제가 발생하고 있다.

당면한 문제를 해결하기 위하여 메콩강위원회(Mekong River Commission Secretariat: MRCS)의 요청에 의하여 농업기반공사(KARICO) 및 한국수자원공사(KOWACO)가 공동으로 메콩델타의 홍수조절사업 계획수립에 참여하였다.

이 사업의 목적은 캄보디아와 베트남의 메콩델타 지역을 대상으로 연례적인 범람으로 인한 인명, 농작물 및 재산손실을 막기 위한 홍수조절사업이 주목적이다.

메콩델타의 지속적 개발을 위하여 메콩델타의 개발에 대한 홍수조절사업계획과 가능한 저감대책 수립에 의하여 계획된 사업에 대한 부정적인 영향의 저감을 위한 여러 가지 환경적 문제가 환경영향평가에 의하여 언급될 예정이다. 부정적인 영향을 감소시키고 장기적인 이익을 위한 대책수립은 지속가능한 농업개발과 일맥 상통한다.

II. 메콩델타의 환경적 현황

1. 메콩델타의 유역현황

메콩델타의 면적은 총 5.5백만 ha이며, 이 중에서 캄보디아가 1.6백만 ha이고, 베트남이 3.9백만ha 이다.

메콩델타에는 2개의 강, 즉 메콩강(Mekong River) 및 바삭강(Bassac River)이 흐르고 있다. 메콩강은 티벳의 Tay Tang산에서 발원을 하며, 길이가 약 4,200km이고, 유역면적은 783,000km²이다.

메콩강은 중국, 미얀마, 태국, 라오스, 캄보디아 및 베트남의 6개국을 통과하여 남중국해로 흘러 간다.

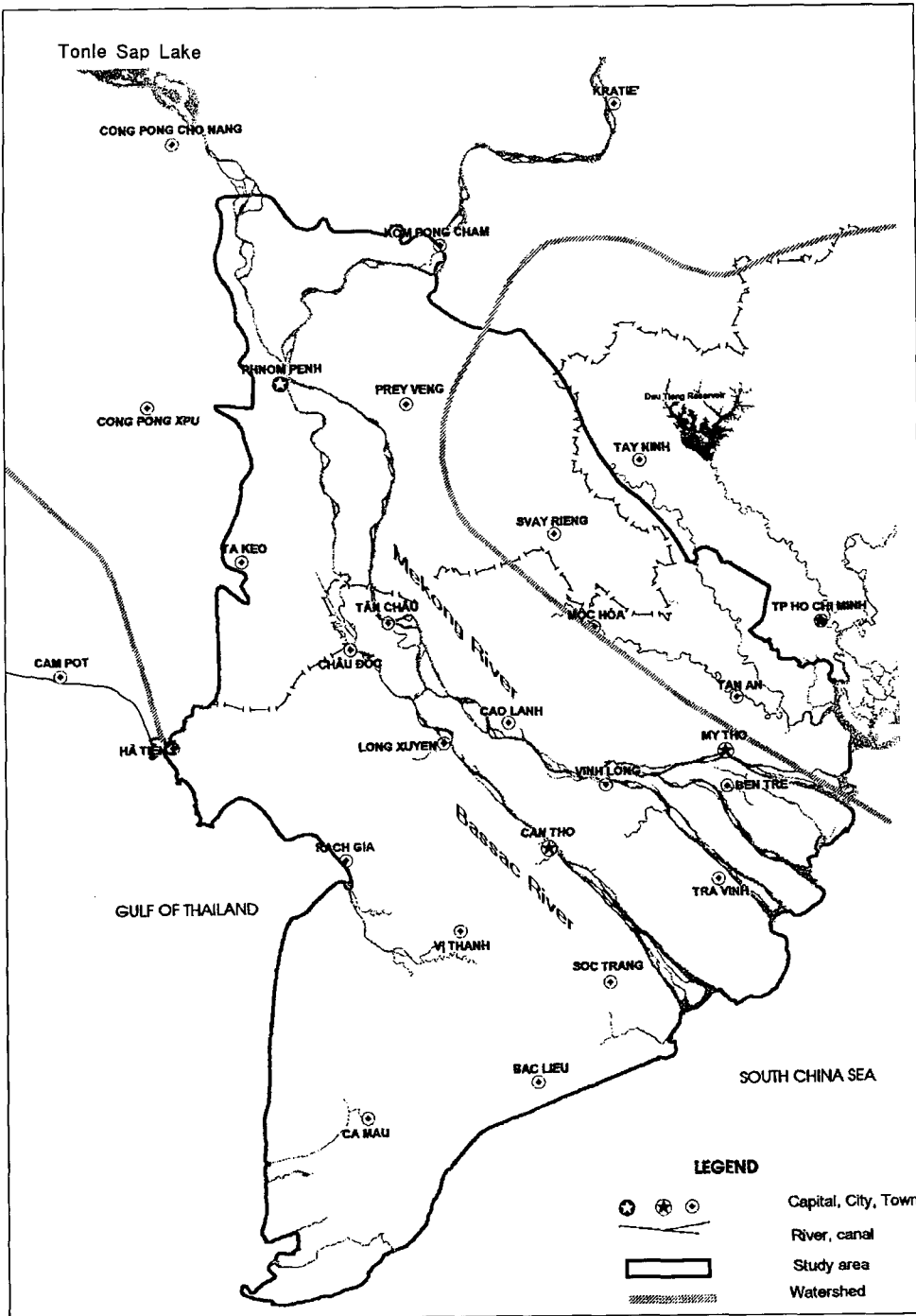
캄보디아는 인도차이나 반도의 남동쪽에 위치하여 있다. 이 나라는 북위 10°~15° 및 동경 102°~108° 에 위치하여 있고, 국토의 면적은 181,035km²이다.

2. 자연환경

가. 기후

메콩델타 지역은 열대몬순 지역에 속해 있으며, 우기에는 북동몬순, 건기에는 남서몬순

* 한국수자원공사 수자원연구실
** 농업기반공사 농어촌연구원



〈그림 -1〉 메콩델타의 유역도

〈표 -1〉 사업지구에서의 월평균 강수량(mm)

지 명	월												평 균
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Ca Mau	27	7	44	91	230	346	290	369	389	334	186	51	2,366
Rach Gia	8	14	19	84	276	308	249	470	335	274	229	26	2,293
Chau Doc	6	1	21	72	194	112	124	161	175	286	173	42	1,368
Cang Long	1	0	11	36	237	248	185	256	253	247	149	18	1,641
Can Tho	4	2	8	44	186	238	181	237	268	310	164	24	1,667
Cau Lanh	4	7	16	48	171	140	149	175	273	240	140	25	1,386
Moc Hoa	11	3	11	54	198	161	164	155	302	300	183	43	1,583
My Tho	1	1	1	47	135	133	133	184	244	273	113	19	1,369
Ba Tri	0	1	1	49	150	168	168	177	279	257	92	8	1,398

의 영향을 받고 있다. 우기에는 연평균 강수량의 90%가 내리고, 건기에는 연평균 강수량의 10%가 내린다.

캄보디아의 기후는 열대몬순에 속해 있다. 기후는 건기와 우기의 2개의 뚜렷한 구분이 되는데, 건기는 11월부터 4월까지이고 우기는 5월부터 10월까지이다. 가장 더운 때는 4월이고, 평균 기온은 38℃이다. 가장 기온이 낮을 때에는 1월이고, 평균기온은 25℃ 이다. 연평균 강수량은 1,200mm~1,875mm이다. 가장 습도가 높은 때는 7월이고, 가장 건조한 때는 2월이다.

베트남 측에서의 메콩델타의 연평균 강수량은 지역에 따라 달라진다. 이 지역의 연평균 강수량은 1,360~2,370mm이다. 연평균 기온은 변화가 많지 않고 평균 26~27℃를 나타낸다.

나. 생태계

캄보디아에서의 생태계는 산림, 담수 습지 및 해안지역의 3개 그룹으로 분류된다. 캄보디아에는 120종의 포유류, 600종의 조류, 수량 미상의 파충류 및 양서류 등이 서식하고 있다. 어류는 300종이 있으며, 그 중에서 215종이 Tonle Sap호에서 발견된다.

베트남의 메콩델타에서는 망그로브(Mangrove)가 Soai Rap강 부근(Tien Giang군)에서 Ca

Mau지방(Minh Hai군) 과 Ha Tien지방(Kien Giang군)까지 분포되어 있다.

멜라로카(Melaleuca) 산림지대는 주로 산성 토양이 있는 다음의 지역의 습지에 분포하고 있다: U Minh 습지, Long Xuyen Quadrangle (Kien Giang군, An Giang군), 및 Plain of Reeds (Dong Thap군, Tien Giang군, Long An군).

일반적으로, 이러한 습지들은 수심이 0.5~3.0m이며, 많은 동물과 식물들이 서식하고 있다. 이 지역에서는 Melaleuca leucadendra가 많이 분포되어 있으며, 총 134종이 서식하고 있다.

다. 수자원

우기동안에는 Tonle Sap호가 메콩강의 홍수를 저류하는 역할을 한다. 홍수기에는 많은 유량이 메콩강과 바삭강을 통하여 바다로 방류되지 못하고 메콩강, 바삭강 및 Tonle Sap강을 통하여 역류하여 Tonle Sap호에 저류된다. 이때에 Tonle Sap호의 표면적은 2,600km²에서 25,000km²로 증가된다.

메콩강의 평균유량은 14,000m³/s이다. 건기동안에는 6,000m³/s(12월)~2,000m³/s(4월)이 흐르고, 우기에는 유량이 40,000m³/s까지

〈표-2〉 Tan Chau(Mekong 강) and Chau Doc(Bassac 강)에서의 월평균 유량(1,000 m³/s)

지명	월											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tan Chau	6.22	3.72	2.60	2.01	2.64	7.18	11.27	16.39	20.14	20.34	15.26	10.18
Chau Doc	1.36	0.7	0.42	0.33	0.46	1.45	2.39	3.97	5.29	5.48	4.70	2.71
평균	7.58	4.42	3.02	2.34	3.10	8.63	13.60	20.36	25.82	25.82	19.96	12.89

도달한다. 메콩델타 하류지역은 홍수기간 동안에 Rach Gia와 Can Tho에서 Tan An까지 약 0.9~1.2 백만ha가 범람으로 침수된다.

메콩델타의 동쪽은 남중국해에 해당되며, 평균파고가 3.0~3.5m이며, 하루 2번의 조석 주기를 가지고 있다. 서쪽은 태국만(Gulf of Thailand)에 접해 있으며, 평균파고는 0.8~1.0m이며, 하루 1번의 조석주기를 가지고 있다.

하구에서 200km 떨어져 있으며, 베트남과 캄보디아의 접경지역에 위치한 Chau Doc(바삭강)과 Tan Chau(메콩강)에서 건기 때에 1.0~1.2m, 우기 때에 0.2m의 파고가 관찰되었다.

라. 염분침투

SIWRP(베트남 수자원 계획청)의 염분 분포 현황 조사결과에 의하면, 건기 때에는 West Vaico강의 하류에서 70~80km 상류까지, 메콩강의 하류에서 45~50km 상류까지, 바삭강의 하류에서 30~35km 상류까지 해수의 영향을 받아 염도가 4ppt까지 상승한다.

Ca Mau반도의 Rach Gia에서 Ha Tien까지 5~10km의 좁은 띠모양의 염분 침투대가 형성된다. 염분의 농도가 4ppt까지 도달하는 지역이 메콩델타의 50% 이내이며, 연중 6개월 이상 염분침투의 피해를 받는 지역이 메콩델타의 40% 이상이 된다.

마. 퇴적

메콩강의 연중 부유사량은 180백만 톤으로 추정되며, 캄보디아의 프롬펜 상류의 Pakse지역에서 총유사량은 200백만 톤으로 추정된다. Pakse의 하류지역에는 여러 지류와 동부 고원 지역으로부터 많은 유사가 유입된다. 그리고 광대한 메콩델타 지역에 많은 퇴적이 이루어진다. 100~150백만 톤 정도가, 바다에 도달되는 것으로 추정된다.

바. 어류환경

캄보디아는 어류를 많이 소비하는 국가이며(MRC, 1992), 수변 구역에 살고 있는 인구의 10% 정도가 어류를 항상 소비하고 있으며, 나머지 90% 정도의 인구는 어류를 많이 소비하고 있다(JICA, 1997). 캄보디아에서는 동물단백질의 75% 이상을 어류로부터 얻고 있다.

캄보디아에서의 어획량은 3개의 분야(담수, 해양 및 양어)에서 얻어진다. 담수어 어획량은 경제적으로 아주 중요하며, 매년 약 300,000~400,000 톤이 수확되고 있다. 반면, 해양 수산물은 매년 35,000~40,000 톤이 수확되고 있다. 양어는 아직 수확량이 많지 않고, 개발이 미약한 편이다. 양어에 의한 어획량은 1984년에 1,610 톤에서 1999년 15,000 톤으로 꾸준히 증가하였다. 현재의 1인당 매년 소비량은 30~40kg/capita로서 동남아 국가 중에서 최고의 소비량을 나타내고 있다.

베트남측의 메콩델타는 표고가 낮고 평편한 지역으로 구성되어 많은 수로와 지류가 있어서 어족자원이 풍부하다. 1997년에 메콩델타 지역의 8개 지방에서의 포획 및 양어에 의한 생산량은 홍수에 의하여 직접적으로 영향을 받았다. 이 때의 메콩델타 전체의 총어획량은 230,485톤(100%)이고, 그 중에서 홍수 피해의 영향을 받는 지역에서의 어획량은 184,388톤(80%)이다. 경제적 가치로는 68.4백만\$이고, 홍수피해 지역의 8개 지방의 수출량의 45%를 차지하고 있다.

3. 생활환경

가. 토지이용

캄보디아의 토지이용은 메콩강위원회에 의하여 인공위성 사진자료를 이용하여 분석되었다. 그 결과에 의하면, 3.8백만 ha가 농경지이고,

12.3백만 ha가 산림지역으로 나타났다(메콩강 위원회, 1991). 0.8백만 ha의 산림이 농경지로 전환된 것으로 나타났다.

캄보디아는 인구의 80~85% 정도가 농업에 종사하는 농업국가이다.

베트남 측의 Mekong Delta에서의 토지이용 현황은 다음 표와 같다.

나. 수질

메콩강에서의 수질은 수문, 지형 및 지질 특성 등의 자연적인 조건에 많은 영향을 받는다. 홍수기에는 메콩강의 평균 부유사량이 0.5g/l에 이르는데, 이것은 메콩델타를 비옥하게 하는 좋은 퇴적물의 근원이 된다.

일반적으로, 메콩강의 수질은 전반적으로 비교적 오염이 되지 않아서, 여러 가지 목적을 위하여 사용되어도 문제는 없다. 수질측정 자료의 결과에 의하면, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

〈표 - 3〉 메콩델타의 토지이용 현황(1998)

토 지 이 용	면적(ha)	비율(%)
합 계	3,965,314	100.00
1. 농경지	2,922,699	73.71
일년생 작물 경작지	2,231,651	76.36
- 답	2,071,581	92.83
- 전	9,170	0.41
- 기타	150,912	6.76
혼합 작물	151,316	5.18
다년생 작물	332,145	11.36
양어장	207,496	7.10
기타	91	0.00
2. 산림	297,221	7.50
3. 공공용지	205,028	5.17
4. 대지	102,802	2.59
5. 미경작지	227,214	5.73
미경작 평야	130,705	57.53
미경작 산림	16,784	7.39
연못	32,078	14.12
기타	47,647	20.97
6. 하천	210,350	5.30

〈표 - 4〉 메콩강에서의 수질조사 결과 (1997~1999)

(단위 : mg/ℓ)

월	Tan Chau						My Tho					
	pH	TSS	DO	COD	T-N	T-P	pH	TSS	DO	COD	T-N	T-P
1	7.2	12.4	8.0	3.04	0.90	0.16	7.6	18.5	5.9	2.84	0.50	0.10
	7.4	7.0	6.8	2.48	0.97	0.13	7.2	12.5	5.8	3.40	1.44	0.11
	7.3	10.5	7.3	8.34	0.43	0.18	7.5	23.0	7.1	7.49	1.59	0.64
2	7.4	14.0	6.9	5.85	0.60	0.26	7.1	15.5	6.2	5.85	0.41	0.31
	7.3	10.0	7.5	1.84	0.54	0.37	7.3	27.6	7.3	3.68	1.10	1.43
	7.3	1.5	7.4	7.35	0.39	0.26	7.2	7.2	7.2	6.30	0.59	0.19
3	7.7	1.6	7.1	0.65	0.71	0.13	7.7	23.6	6.1	1.50	0.61	0.33
	7.9	34.3	7.1	1.12	0.51	0.21	7.4	61.0	6.7	2.56	0.13	0.27
	7.6	2.8	9.3	6.43	0.62	0.08	7.2	172.4	7.5	5.12	1.22	0.08
4	7.5	13.0	6.4	2.36	0.07	0.12	7.1	30.0	5.0	3.70	0.17	0.34
	7.6	12.5	7.5	1.80	1.23	0.54	7.4	54.8	6.8	1.60	1.38	0.34
	7.9	4.0	7.2	6.02	0.68	0.07	7.2	10.4	7.0	6.34	0.97	0.06
5	8.0	8.8	7.8	0.80	0.32	0.12	7.6	38.0	6.0	1.88	0.39	0.17
	8.2	19.6	6.6	2.32	0.54	0.10	7.9	61.0	4.9	5.68	1.14	0.15
	7.5	20.4	7.3	5.84	0.99	0.06	7.0	109.6	7.0	6.82	1.27	0.16
6	7.3	7.8	7.8	1.40	0.34	0.44	7.2	18.8	5.3	1.24	0.45	0.19
	7.8	6.8	6.8	0.90	1.03	0.21	7.6	60.8	5.4	0.86	0.91	0.24
	7.0	7.2	7.2	1.96	1.08	0.13	7.0	97.2	7.0	4.43	1.89	0.16
7	7.6	7.2	7.2	4.92	0.80	0.05	7.4	63.0	6.2	3.12	0.90	0.05
	7.7	6.6	6.6	1.32	0.85	0.20	7.4	27.0	5.7	0.90	1.03	0.14
	7.2	7.2	7.2	1.98	0.97	0.06	7.2	34.0	3.4	4.25	3.42	0.03
8	7.2	142.0	7.7	11.03	0.54	0.21	7.0	94.0	6.4	10.54	1.49	0.20
	7.6	162.0	7.2	1.64	0.21	0.16	7.2	142.5	6.3	2.76	0.28	0.13
	7.2	117.5	7.2	2.05	3.09	0.06	7.6	35.5	2.6	1.54	3.66	0.13
9	7.4	258.0	4.52	4.52	1.13	0.84	6.9	48.0	6.4	1.88	1.05	0.45
	7.5	327.0	0.80	0.80	1.41	0.27	7.4	116.0	7.2	2.36	1.34	0.16
	7.4	535.0	2.58	2.58	1.63	0.43	7.0	57.0	8.5	1.86	3.21	0.45
10	7.2	167.0	3.03	3.03	0.99	0.12	7.0	32.01	4.8	2.83	1.01	0.26
	7.0	69.0	1.16	1.16	0.99	0.19	7.1	41.5	6.4	2.48	1.10	2.10
	7.4	86.0	1.70	1.70	1.39	0.18	7.1	42.0	9.6	1.94	0.89	0.17
11	6.9	55.5	2.28	2.28	1.24	0.870	6.9	70.0	4.5	2.68	2.06	1.02
	7.5	216.5	0.62	0.62	2.23	0.32	7.0	36.0	6.4	0.91	2.01	0.69
12	7.5	18.8	2.28	2.28	0.88	0.33	7.2	25.2	7.6	2.96	2.66	0.37
	7.0	23.0	0.89	0.89	1.13	0.23	6.8	52.0	6.3	1.30	4.21	0.53

자료) Water Quality Monitoring Results in Viet Nam. SIWRP, 2000

(표 - 5) 캄보디아의 메콩강에서의 수질조사 결과(1996~1998)

(단위 : mg/ℓ)

월	Tan Chau						My Tho					
	pH	TSS	DO	COD	T-N	T-P	pH	TSS	DO	COD	T-N	T-P
1	8.4	1.3	6.5	0.9	0.29	0.02	8.2	3.0	7.6	0.8	0.40	0.02
	7.5	12.5	8.0	1.7	0.45	0.02	7.6	7.0	7.8	3.2	0.83	0.02
	8.2	2.5	7.3	2.2	0.60	0.02	8.0	4.0	7.4	1.6	0.25	0.01
2	7.2	0.0	8.0	2.8	0.21	0.01	8.2	0.0	7.5	0.9	0.06	0.01
	7.3	40.0	7.2	1.5	0.18	0.02	6.4	62.0	7.2	4.7	0.43	0.03
	8.2	6.7	7.3	1.7	0.65	0.01	8.0	5.0	7.2	1.6	0.43	0.02
3	7.9	3.0	7.3	3.0	0.65	0.01	8.1	1.0	7.4	0.6	0.07	0.02
	7.3	15.0	7.2	2.8	0.70	0.04	7.1	7.0	6.8	1.8	0.2	0.02
	8.1	5.0	7.6	1.6	0.70	0.01	8.1	3.3	7.3	1.2	0.95	0.01
4	7.2	6.5	7.0	1.9	0.31	0.01	7.6	2.0	7.1	1.1	0.12	0.01
	7.1	2.0	7.2	1.5	0.40	0.01	7.3	14.0	7.3	2.9	0.35	0.02
	8.4	0.3	8.8	1.5	0.19	0.01	8.4	9.2	9.0	1.4	0.15	0.02
5	7.2	15.0	6.3	2.8	0.31	0.03	327.4	50.0	6.2	3.3	0.69	0.04
	7.5	6.7	7.4	1.4	0.20	0.01	27.5	3.3	7.4	1.6	0.28	0.01
	8.3	6.7	6.8	1.3	0.58	0.01	8.1	7.5	7.4	2.5	0.05	0.01
6	6.6	47.5	6.6	2.5	0.27	0.02	7.0	35.0	6.7	1.8	0.76	0.04
	7.6	12.7	6.7	2.9	0.23	0.01	27.4	98.0	6.6	3.7	0.75	0.03
	7.2	14.0	6.8	3.8	0.76	0.03	7.7	2.0	6.3	2.1	1.27	0.04
7	7.6	185.5	6.8	1.0	1.42	0.02	72	100.0	6.6	1.3	0.80	0.03
	7.4	160.0	7.4	2.1	0.70	0.04	7.8	140.0	6.9	2.6	1.23	0.05
8	6.7	504.0	7.0	1.7	1.09	0.05	6.9	228.0	6.7	1.4	2.20	0.04
	7.1	270.0	7.3	2.3	1.50	0.04	7.4	185.0	7.6	2.2	0.25	0.04
9	6.5	368.0	6.9	3.1	0.65	0.06	6.7	488.0	6.9	3.3	0.40	0.05
	7.5	347.0	7.4	1.1	1.10	0.06	7.4	185.0	7.6	2.2	0.30	0.03
10	6.5	155.0	7.4	1.8	0.62	0.01	7.0	93.0	6.9	1.9	0.46	0.01
	7.1	317.5	7.5	1.9	0.71	0.04	7.5	65.0	7.3	1.5	0.95	0.03
11	7.1	87.0	7.5	4.0	0.77	0.02	7.3	24.0	7.3	4.4	0.50	0.03
	7.8	60.0	7.3	1.2	0.83	0.03	7.7	47.0	7.3	1.6	0.68	0.03
12	7.1	84.0	7.9	1.7	0.48	0.02	7.2	28.0	7.6	2.5	0.59	0.01
	7.9	8.0	8.1	1.0	0.53	0.02	7.8	3.0	7.6	1.4	0.35	0.02

주) T-N value is not available in Cambodia measuring station. Only NO_{2,3}-N and NH₄-N values are available. The above T-N value is assumed as:

$$T-N = (NO_{2,3}-N + NH_4-N) * 2.5$$

자료) Water Quality Monitoring Results in Cambodia, Ministry of Water Resources and Meteorology, 1999

수질측정 자료의 결과에 의하면, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

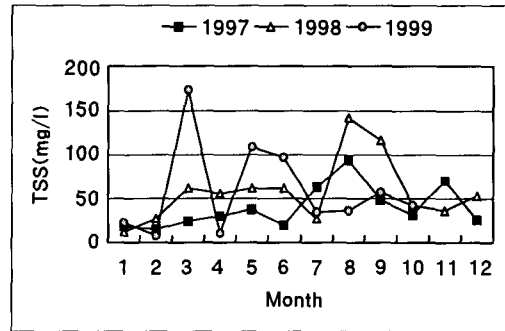
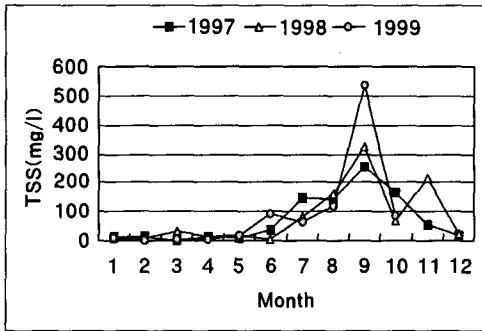
〈표 - 6〉 계절별 수질변화

계절	월	pH	TSS	DO	COD	T-N	T-P	비 고
건기	12-4	높음	낮음	높음	높음	낮음	낮음	유량 적음, 탁도 낮음, 오염부하 낮음
우기	5-11	낮음	높음	낮음	낮음	높음	높음	유량 많음, 탁도 높음, 오염부하 높음

〈표 - 7〉 위치에 따른 수질변화

위치	관 측 지 점	pH	TSS	DO	COD	T-N	T-P
상류	Kampong Cham, Phnom Penh, Chau Doc, Tan Chau	높음	높음	높음	낮음	낮음	낮음
하류	Can Tho, My Tho	낮음	낮음	낮음	높음	높음	높음

메콩델타에는 Ca Mau 반도, Long Xuyen Quadrangle 지역 및 Plian of Reeds 지역에서 이러한 산성토양 지역이 있다. 이러한 산성토에 포함되어 있는 황화물은 토양이 공기중에 노출되면 반응을 일으켜 산화물이 형성되어 수질을 산성화 시킨다. 특히 겨울철인 건기 때에는 물이 정체되어 있기 때문에 pH가 6.5~7.5를 나타내고 있으며, 우기인 여름철에는 물이 흐르면서 산성도가 공기중에 노출이 되면서 산화물이 생성되어 pH가 2.5~4.5로 물이 강한 산성을 나타낸다. 이러한 현상은 건기 때의 수량의 부족 및 우기 때의 산성화된 수질 때문에 일부지역에서 생활용수와 관개용수 확보에 많은 어려움을 준다.

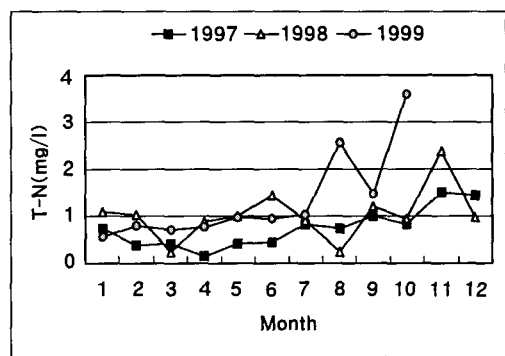
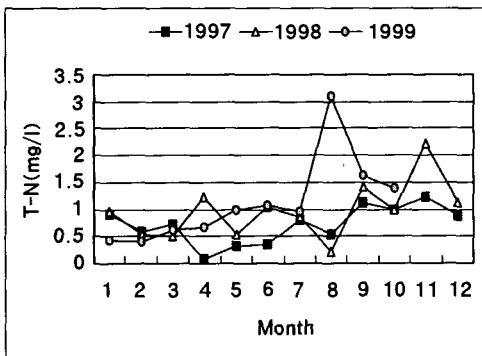


〈그림 - 2〉 메콩강의 Tan Chau와 My Tho에서의 TSS 농도변화

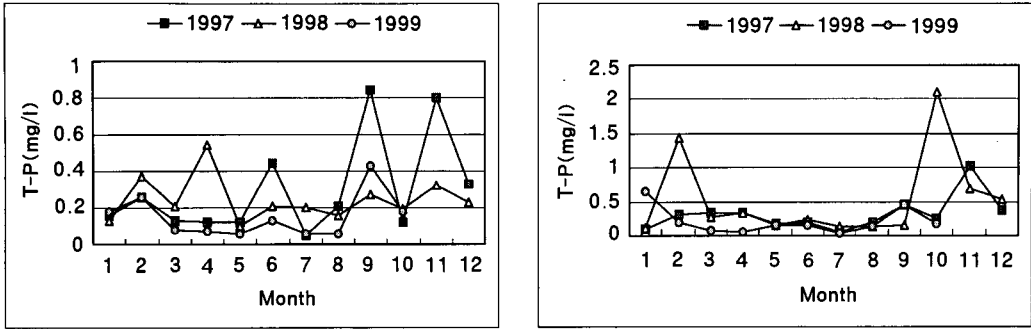
산성수는 산성도가 존재하는 지역에서 생성되어 하천으로 유입된다.

다. 토양 및 폐기물

메콩델타의 토양은 3가지로 분류된다. 총적



〈그림 - 3〉 메콩강의 Tan Chau와 My Tho에서의 T-N 농도변화



〈그림 - 4〉 바삭강의 Chau Doc와 Can Tho에서의 T-P 농도변화

토가 1.2백만 ha, 산성도가 1.6백만 ha, 염분도 양이 0.75백만 ha이다. 비옥도가 높고, 심각한 제약조건이 없으므로 충적토에서 다양한 작물들이 재배되고 있다. 산성도는 작물이 재배되기 가장 어려운 토양이다.

폐기물은 산업, 생활 및 농업에 의하여 발생된다.

축산분뇨는 메콩델타를 비옥하게 하는 비료의 좋은 원천이 된다. 메콩델타에서 1998년의 가축사육 두수는 소 및 물소 254,000두, 돼지 2,593,600두이며, 매년 발생하는 오염부하량은 다음과 같다.

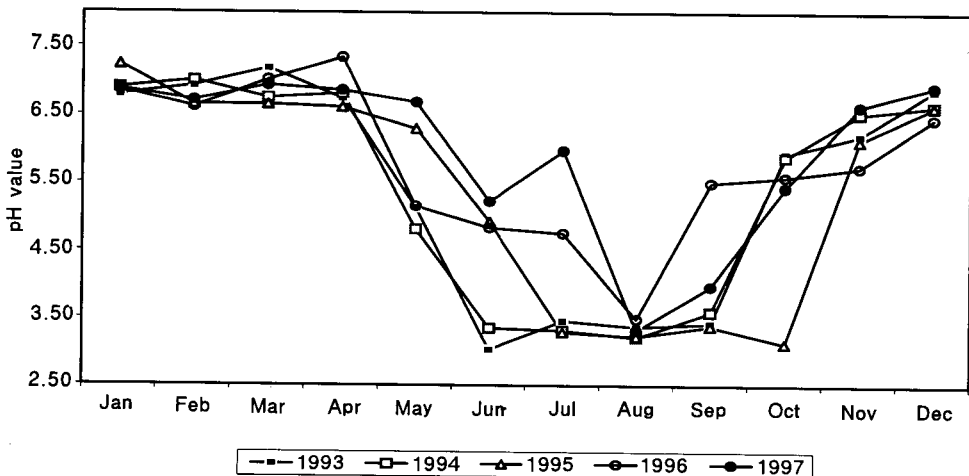
축산분뇨의 60~80%가 비료로 사용된다고 가정하면, 그 나머지만 약 300,000 톤이 토양

에 침투되거나 강으로 흘러 메콩강으로 유입된다.

생활에서 발생하는 폐기물은 베트남에서 수질 오염의 주요 원인이 된다. 인구에서 발생하는 폐기물을 0.5kg/인이라고 가정하면, 매년 메콩델타의 21백만의 인구에서 발생하는 폐기물량은 3,832,500 톤이 된다. 이에 대한 적절한 조치가 취해지지 않으면 장래에는 많은 환경적인 사회

〈표 - 8〉 축산분뇨 발생량(1998)

가축	두	분뇨량(톤)
소 및 물소	254,500	278,677
돼지	2,593,600	710,000
계	2,848,100	988,677



〈그림 - 5〉 Ca Mau 반도의 Chac Bang 수로에서의 pH 변화

문제가 발생될 것이다. 특히, 도시에서 생활폐기물은 환경보호에 심각한 문제를 야기시킨다.

4. 사회 경제 환경

1990년의 메콩델타의 인구는 약 9.0백만 명이며, 연평균 2.5~3.0%의 인구성장률을 갖는다. 인구의 88%가 농촌에 거주하고 있다.

UN의 지원하에 캄보디아의 인구조사가 1998년 3월~12월까지 실시되었으며, 총인구는 약 11백만 명으로 추산되었으며, 2020년에는 약 20백만 명으로 추정된다.

캄보디아의 면적이 181,035km²이고, 인구가 11,426,223명이므로, 인구밀도는 64인/km²이다. 캄보디아의 사업지구내의 인구는 6.9백만 명이며, 인구밀도는 189인/km²이다.

베트남 측의 1997년 통계에 의하면, 홍수 범람지역에서의 인구는 약 9.6백만 명이고, 이 중에서 도시지역의 인구는 18.6%이고, 농촌지역의 인구는 81.4%이다.

Ⅲ. 홍수조절 계획의 환경평가

메콩델타에서 홍수조절사업은 어렵고 복잡한 문제이므로 주의를 기울여서 단계별로 수행하는 것이 바람직하다.

장단기 홍수조절사업은 베트남의 SIWRP와 캄보디아의 MOWRAM(수자원기상부)의 홍수조절계획을 기초로 하여 수립되었다.

1. 캄보디아에서의 단기적 홍수조절 사업

단기적인 홍수 조절사업은 Colmatage 수로를 준설하거나 Colmatage를 보호하기 위한 여러 가지 기반시설을 건설하는 것이다. 이 사업은 관개, 홍수배제능력 함양, 자연환경 보호, 주민 안전 확보 및 안정적인 생활

개선 등을 목적으로 제방 건설, 교량 설치, 도로개선 및 수문 설치 등의 사업이 포함된다.

작물 수확에 시기적절한 얕은 침수지역 및 깊은 침수지역의 홍수조절 등이 다른 목적의 하나이다.

이 사업의 근본적인 의미는 자연환경보호를 유지하면서 홍수와 공존하여 살아가는 것이다.

사업내용은 다음과 같다:

- 초기의 홍수예방을 위한 Colmatage 수로 준설 및 홍수배제 능력 함양
- 어업과 조화를 이루는 안정적인 농업을 위한 홍수조절사업을 위한 제방건설 안전한 주민생활 보호를 위한 교량 및 수문 건설

2. 베트남에서의 단기적 홍수조절 사업

베트남측의 메콩델타 지역에서의 단기적 홍수조절사업은 4개의 지역으로 구분하여 계획되었다:

- Long Xuyen Quadrant 지역: 이 지역에서의 사업은 바삭강에서 태국만까지 수로건설, 제방건설, 수문설치 및 염해방지시설 설치 등을 포함한다.

- Plain of Reeds 지역: Tan Thanh-Lo Gach 홍수조절사업은 West Vaico강과 Mekong강 사이의 지역에서 수행된다. Nguyen Van Tiep 수로의 남쪽지역에 대한 항구적인 홍수조절사업 및 Bo Bo 동부수로 건설 등이 포함된다.

- Western Bassac강 지역: Long Xuyen Quadrant에서 West Bassac강 지역에 대한 홍수조절사업이며, 항구적인 홍수조절사업을 위하여 Cai Lon강까지 연결된 배수로 준설 및 염해방지시설 설치 등이 포함된다.

- Mekong강과 Bassac강 사이지역: Vinh An 수로의 남쪽지역에 대한 항구적인 홍수방지 대책이 포함된다. 홍수피해를 방지하기 위하여 제방을 쌓는 것은 현장 조건에 따라 달라진다.

도시와 인구를 보호하기 위한 제방건설 및 1961년 홍수피해선 위에 건설되는 도로건설 등

3. 장기적 홍수조절 사업 계획

장기적인 홍수 조절사업으로 여러 가지의 대안이 제시되었다. 이러한 계획들은 관련 당국의 전문가들과 여러 차례 토의를 거쳐서 수립되었다.

장기적 대안들은 각각의 나라의 홍수조절계획을 기초로 하여 수립되었다. 사업내용은 단기 대안과 유사하다. 캄보디아에서 3개의 수로 건설과 Colmatage 시스템 개선이 주요 사업이며, 베트남에서는 단기적으로 여러 대안들이 수행되므로 오직 1개의 수로 건설만이 채택되었다.

사업내용은 다음과 같다:

- Takeo에서 Gulf of Thailand까지의 수로

〈표 - 9〉 홍수조절사업에 대한 환경영향 평가결과

대안	긍정적 영향	부정적 영향
캄보디아의 기존의 Colmatage 수로 시스템의 개선	<ul style="list-style-type: none"> - 양어장 생성 - 2모작 가능 - 홍수피해 저감 - 마을보호 - 주민 안전에 기여 - 교통 및 생활환경 개선 	<ul style="list-style-type: none"> - 제방유실에 따른 피해증가 - 침수피해기간 증가
베트남의 4개 지역을 위한 제방, 수로, 수문, 방수로 및 교량의 건설	<ul style="list-style-type: none"> - 담수 공급 및 배수개선 - 해양생태계에서 담수생태계로의 변화 - 수로 증가로 수생생태계 증가 - 주민의 정착에 기여 - 농업생산성 증가 - 교통 및 생활환경 개선 	<ul style="list-style-type: none"> - 인구의 증가 - 농약 및 비료사용의 증가 - 수질오염 증가 - 제방과 인접 지역의 배수지역으로 수심 증가 - 캄보디아와 베트남의 국경지역에서의 범람
Takeo에서 Gulf of Thailand까지의 수로건설	<ul style="list-style-type: none"> - 어류의 서식지 증가 - 어류의 이동통로 생성 - 홍수배제 및 홍수피해 저감 - 관개개선, 농업생산 증가 - 관광 및 해운개선 	<ul style="list-style-type: none"> - 조석에 의한 역류현상 발생 - 홍수기 때의 범람증가 - 건설경비 증가
Kompong Cham에서 Tonle Sap 강의 Kompong Chhnang까지의 수로건설	<ul style="list-style-type: none"> - 새로운 어류통로 생성 - 해운수송 개선 - Phnom Penh 근처 지역의 유량 및 수심 감소 	<ul style="list-style-type: none"> - 정상적인 어류 이동통로 변화 - 주민의 재정착 - 건기때 Tonle Sap호 조기배수 - 홍수기때 Tonle Sap호 수심 및 유입유량의 증가 - Tonle Sap호의 퇴적증가
Neak Luong에서 West Vaico강까지의 수로건설	<ul style="list-style-type: none"> - 관개용수 공급 - 배수개선 - 범람기간 단축 - 어류 서식지 생성 - 조기 홍수 배제 - 2모작 가능 - 어족자원 증가 	<ul style="list-style-type: none"> - 주민의 재정착 - 홍수기 때에 수로에 의한 범람지역 확대

건설

- Kompong Cham에서 Tonle Sap강의 Kompong Chhnang까지의 수로건설

- Neak Luong에서 West Vaico강까지의 수로건설

- 캄보디아의 기존의 Colmatage 수로 시스템의 개선

- 베트남의 Sarai에서 Thanh Hung까지의 수로건설

이러한 장단기적인 홍수조절사업 계획에 의한 긍정적이거나 부정적인 환경적 영향은 <표-9>와 같다.

IV. 저감대책 및 결론

환경영향평가의 결과에 의하면, 사업을 시행할 때 다음과 같은 사항에 유의하여야 한다

1. 메콩델타에서의 수자원적인 조건들은 현저히 개선될 것이며, 특히 건기 때에 담수의 공급과 우기 때에 배수개선이 잘 될 수 있다.

2. 메콩강이나 바삭강에서 해수의 역류로 인한 피해를 방지하기 위하여 방조제의 건설을 고려하여야 한다. 새로운 수로시스템을 건설하여도 적절한 저류시설이 없으면 건기 때에는 담수의 부족을 해결하기 어렵다.

3. 베트남과 캄보디아의 국경을 넘어서 Long Xuyen Quadrant 과 Plain of Reeds 지역으로 월류하는 홍수량이 제방의 건설로 저감될 것이다. 그러나 메콩강이나 바삭강으로 흘러드는 홍수량은 증가할 것이다. 국경을 따라서 건설되는 제방은 캄보디아 측의 국경지방에 우기 때에 수심을 증가시키고 홍수범람기간을 증가시킬 것이다.

4. Takeo에서 태국만까지의 수로 건설은 해수의 역류 및 염분 침투를 야기시킬 수 있다. 문비 설치와 어류의 이동을 위한 적절한 어도

설치가 필요하다. 문비는 적절히 관리되어야 하고, 어류의 이동에 부정적인 영향을 줄이기 위하여 어도가 필요하다

5. Colmatage 수로의 개보수 및 건설로 인하여 주기적인 범람이 유지되면, 배후지의 자연적 사회적인 환경이 그대로 유지될 것이다. 현재의 환경적인 조건들은 메콩강의 수문학적 조건이 갑자기 변화되지 않으면 커다란 변화가 없을 것이다.

6. Kampong Cham에서 Tonle Sap호까지의 수로가 건설되면, 부유사가 더 많이 이 수로를 통하여 Tonle Sap호로 유입하여 퇴적될 것이다. 이 수로는 새로운 어류의 이동통로가 될 것이며, 어류의 서식환경에는 심각한 영향을 미치지 않을 것으로 본다.

7. 살충제, 제초제 및 비료의 현재사용량은 주민생활에 크게 영향을 미치지 않는다. 그렇지만, 이러한 화학물질들은 빨리 분해되고 독성이 낮은 것들을 사용하여야 한다. 장래에는 농약과 비료의 사용량 증가가 불가피하다. 이러한 화학물질들의 사용량 증가는 생태계에 영향을 미치며, 특히 수생생태계에 더 많은 영향을 미친다. 가까운 장래에 비료나 농약에 의한 오염물질 부하량이 수체로 흘러 들어 부영양화가 진행될 수 있다.

8. Long Xuyen Quadrangle과 Plain of Reeds의 산성토양 지역의 개발은 산성수 문제를 야기시키며, 더 많은 용수를 지속적으로 공급하여 희석시키거나 석회로 공급으로 문제를 해결할 수 있지만, 경제적인 문제와 건기 때의 용수 부족으로 어려움이 있다.

9. 수질문제에 있어서, 지표수와 지하수가 점원 혹은 비점원으로부터 쉽게 오염됨으로 얇은 우물과 하천은 주기적으로 검사를 할 필요가 있다.

10. 상수도 및 하수도 시스템의 개선이 주민들의 보건과 수질오염 저감을 위하여 필요하다.

11. 폐기물에 의한 오염은 장래에 메콩델타의 환경에 커다란 위협이 될 수 있다. 농업부산물이나 인구와 가축의 분뇨 발생량은 도시화나 생산량의 급속한 증가로 빠르게 늘어날 것이다. 이러한 문제는 도시지역과 제방으로 보호를 받고 있는 농촌지역에서도 심각하다. 소각이나 매립에 의하여 여러 가지 폐기물들을 처리할 수 있는 시스템이 조기에 도입되어야 한다.

12. 일반 산림지대, 멜라로카(Melaleuca) 산림지대 및 망그로브(Mangrove) 산림지대 등이 경작지 확보를 위하여 심각하게 훼손되었다. 메콩델타의 종다양성도 산림의 훼손과 작물 경작형태에 의하여 위협을 받고 있다. 사업지구 내에 있는 멜라로카(Melaleuca) 산림지대는 가능한 개발을 유보시키고, 훼손된 망그로브(Mangrove) 산림지대는 복원을 시켜서 종다양성을 유지하도록 하여야 한다.

13. 사업시행 전후의 실제 환경영향평가의 이행, 예측의 정확성 분석, 저감 방안의 효율성 및 모니터링 계획의 기능 등을 평가하기 위하여 사후영향평가가 실시되어야 한다.

14. 메콩델타 지역의 지역사회 및 농작물 증산을 위한 홍수조절사업, 관개 및 배수사업 등은 홍수에 의한 유량을 지연시키거나 완화시킨다. 이러한 장점이 있는 반면, 홍수의 조절과 경작지나 홍수터의 구획화는 이곳에 서식하던 어족자원을 감소시키는 부정적인 영향을 미친다. 설치되는 시설물 들은 어족자원의 생산을 고려하여 설치되어야 한다.

15. 어획량, 어종 및 전체적인 수생생태계의 건전성 등이 홍수조절사업의 결과로 어떻게 변화되는지 지속적으로 조사되어야 한다.

Availability and Quality of Surface Water Resources

2. Center of Southern Economic Research, 1996. Master Plan for Socio-Economic Development in the Mekong Delta in period 1996-2010 (in Vietnamese).
3. Dougherty T. C. & A. W. Hall, 1995. A Guide to the Environmental Impact Assessment of Irrigation and Drainage Projects in Developing Countries, HR Wallingford.
4. Mekong River Commission Secretariat (MRC), 1997. Mekong River Basin Diagnostic Study
5. MDMP, NEDECO, 1993. Thematic Study on Environmental Impact - Vol.2 Sensitive Ecosystems in the Mekong Delta, MRC.
6. MDMP, NEDECO, 1993. Thematic Study on Environmental Impact - Vol.4 Indicative Assessment of Long-Term Impacts of Salinity Intrusion and Control, MRC.
7. MDMP, NEDECO, 1993. Thematic Study on Environmental Impact - Vol.5 Indicative Assessment of Long-Term Impacts of Agricultural Intensification on Water Quality, MRC.
8. MRC, 1992. The Lower Mekong Basin Suspended Sediment Transport and Sedimentation Problems, , Mekong River Commission Secretariat.
9. MRCS, 2000. Flood Control Planning for Development of the Mekong Delta (Basinwide) -Interim Report
10. MDMP, NEDECO, 1992. Thematic Study on Environmental Impact - Main Report Environmental Profile, MRC.
11. NEDECO, 1993. Master Plan for the Mekong Delta in Viet Nam
12. Sub-Institute for Agricultural Planning and

참고문헌

1. Center of Water Quality & Environment, 1998.

- Design, 1999. Agricultural Development Planning in the flooded area of the Mekong Delta.
13. Sub-Institute for Water Resources Planning, 1999. Environmental Impacts Assessment Flood Control Planning Report.
14. Sub-Institute for Water Resources Planning, 1999. Main Report Flood Control Planning Report.
15. Sub-NIAPP, 2000. The Flood Control Planning for Development of the Mekong Delta Project (Main Socio-economic Aspects in the Mekong Delta Region).
16. Statistical Yearbook 1998, 1999. Statistical Publishing House of Ha Noi, General Statistical Office.